

## Wind power system enables protection of distant objects at reasonable cost and avoids stroboscopic shadowing

**Publication number:** DE19928048

**Publication date:** 1999-12-23

**Inventor:** BRINKMANN KLAUS (DE); GAU MARCUS (DE)

**Applicant:** BRINKMANN KLAUS (DE); GAU MARCUS (DE)

**Classification:**

- **international:** *F03D11/00; F03D11/00*; (IPC1-7): F03D11/00; F03D7/00; G01J1/42; G01W1/00

- **european:** F03D11/00

**Application number:** DE19991028048 19990621

**Priority number(s):** DE19991028048 19990621; DE19981027421 19980620

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19928048

The system incorporates a generator gondola (9b), rotatable about a vertical axis. The generator is driven by a rotor (9c) which has several propeller-type blades attached to a hub (9e) with a horizontal axis. An electronic controller can stop the rotor and can also rotate the gondola to face the rotor into the wind direction. A sensor follows the path of the sun above the horizon, and a further sensor monitors the shadow cast by the mast, gondola and rotating blades. A store holds details of nearby places (14) at which a shadow must not occur. A control circuit takes action to avoid the casting of an unpleasant flickering shadow (S) by rotating the gondola, changing the angle of the rotor blades and stopping the rotor in extreme cases.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 28 048 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 03 D 11/00  
F 03 D 7/00  
G 01 W 1/00  
G 01 J 1/42

21 Aktenzeichen: 199 28 048.7  
22 Anmeldetag: 21. 6. 99  
43 Offenlegungstag: 23. 12. 99

DE 199 28 048 A 1

66 Innere Priorität:  
198 27 421. 1 20. 06. 98

71 Anmelder:  
Brinkmann, Klaus, 58640 Iserlohn, DE; Gau,  
Marcus, 58313 Herdecke, DE

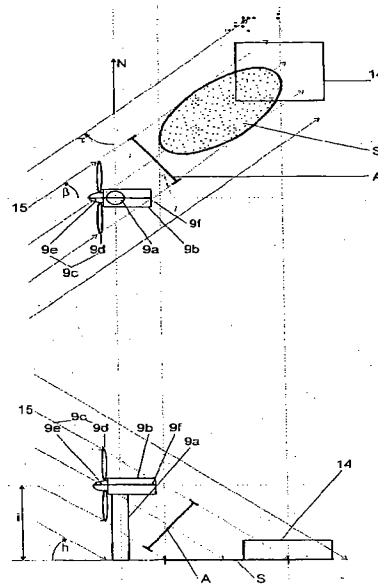
74 Vertreter:  
Pfungsten, D., Rechtsanw., 42897 Remscheid

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Windkraftanlage

57 Eine Windkraftanlage (9) mit einer Generatorgondel, die um eine vertikale Achse drehbar ist, und mit einem Generator, der durch einen um eine im wesentlichen horizontale Achse drehbaren Rotor (9c) mit Rotorblättern antreibbar ist, wirft auf benachbarte Objekte einen störenden Schatten. Durch eine Einrichtung zur Bestimmung der Sonnenbahn über dem Horizont und des dadurch verursachten Schattenwurfs der Windkraftanlage, durch eine Meßeinrichtung zur Messung der Quantität und Qualität des Schattenwurfs (störender Schattenwurf), durch eine Einrichtung zur Ermittlung und Speicherung der geographischen Stellen, an denen ein störender Schattenwurf nicht auftreten darf sowie durch eine Steuereinrichtung wird der Betrieb der Windkraftanlage an die störende Quantität und Qualität des Schattenwurfs sowie die Position des Schattens bzw. der Sonne und die zu schützenden Positionen insbesondere durch Verdrehen der Generatorgondel und/oder Verstellen des Anstellwinkels der Rotorblätter des Rotors und/oder notfalls durch Anhalten der Windkraftanlage angepaßt.



DE 199 28 048 A 1

— Die Position des Schattens bzw. der Sonne

— Die zu schützenden Positionen

durch

— Verrechnen des Anlagenkopfes oder

— Verschieben des Anstellwinkels der Rotorblätter des

Rotor, um die schattenwerfende Fläche zu verringern,

— Notfalls Anhalten der Windkraftanlage.

Mit den bekannten Formeln zur Berechnung der Sonnenbahn aus der Zeit  $T$ , der Neigung der Ekliptik, der geographischen Breite der Position der Windkraftanlage erhält man den Verlauf der Sonnenbahn über dem Horizont beschreiben durch die Koordinaten Stundenwinkel  $\tau$  und Winkel  $h$  der Höhe über dem Horizont. Die Zeit  $T$  wird dabei vorzugsweise auf den Standort der Windkraftanlage bezogen. Aus dem Rotordurchmesser  $d$  berechnet sich zunächst die überstrichene Rotorfläche  $R$ .

Im weiteren wird aus der überstrichenen Rotorfläche  $R$ , dem Winkel  $\beta$  zwischen der Rotorachse und dem Stundenwinkel  $\tau$  und dem Höhenwinkel  $h$  der Sonnenposition, der Nabenhöhe  $i$  des Rotors über dem Boden und der Lage der effektiv Fläche  $S$  berechnet, an dem der durch den Rotor verursachte Schatten  $S$  auf dem Boden auftritt.

Mit einer Vorrichtung nach Anspruch 2 wird ermittelt, ob es zur Bildung eines Schattens durch Windkraftanlage kommen kann. Erst bei ausreichender Intensität des Sonnenlichts kann es zu einem Schattenwurf und damit zu einer Belastung durch abwechselnde Hell-Dunkel-Wechsel kommen.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben.

In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 einen Lageplan einer Windkraftanlage 9 in einer

Aufsicht und einer Seitenansicht.

Fig. 2 eine Vorrichtung nach Anspruch 2 zur Bestimmung

der Qualität und Quantität des Schattenwurfs

Fig. 3 das Blockschaltbild einer elektronischen Schaltung

Fig. 4 den Aufbau einer Windkraftanlage.

Mit 14 ist ein Objekt bezeichnet, das nicht vom Stroboskoplicht durch die Windkraftanlage 9 getroffen werden soll. Die Sonnenstrahlen 15 fallen aus der Richtung des

Stundenwinkels  $\tau$  und unter dem Höhenwinkel  $h$  auf den Rotor 9c der WKA 9. Der bekannte Winkel  $\beta$  zwischen der Rotorachse 9f und dem Stundenwinkel  $\tau$  und die überstrichene Fläche  $R$  des Rotors ergeben die effektiv abgestrahlte Fläche  $A$ . Mit der Nabenhöhe  $i$  ergibt dies die Lage des Schattens  $S$ .

Die Vorrichtung zur Bestimmung der Qualität und Quantität des Schattenwurfs besitzt zwei Sensorflächen 23 und 24. Bei Lichteinfall wird von Sensorfläche 23 ein elektrisches Signal  $U_a$  und von Sensorfläche 24 ein elektrisches Signal  $U_b$  erzeugt. Sensorfläche 23 ist durch ein transparentes Gehäuse 25 vor Umwelteinflüssen geschützt. Ebenso ist die Sensorfläche 24 vor Umwelteinflüssen durch ein weitgehend transparentes Gehäuse 26 geschützt. Darüber hinaus ist auf dem Gehäuse 26 der Sensorfläche 24 eine Lichtundurchlässige Markierung 29 derart angebracht, daß bei Einfall von Licht ein Schatten von der Markierung 29 auf die Sensorfläche

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Windkraftanlage sowie ein Verfahren zur Verringerung oder Vermeidung alternierender Schattenwurfs bei einer Windkraftanlage.

Bei Windkraftanlagen (WKA) werden Nabenhöhen  $i$  zwischen 30 m und 70 m Höhe verwendet. Die Rotordurchmesser  $d$  können über 50 m betragen. Derartige WKA verfügen über eine Steuerung, die im Bedarfsfall den Rotor anhalten und die Generatorleistung der Windkraftanlage anpassen kann. Bei einigen Anlagen kann zur Anpassung an die Windgeschwindigkeit der Anstellwinkel der Rotorblätter geändert werden.

Der durch den Schattenwurf des rotierenden Rotors 9c verursachte ständige Wechsel zwischen hell und dunkel (alternierender Schattenwurf, Stroboskopseffekte) wird als störend empfunden. Wenn Großwindkraftanlagen in der Nähe bebauter Gebiete aufgestellt werden sollen, führt das Argument der Belastung durch diesen Stroboskopseffekten zur Ablehnung der Baugenehmigung oder zur Rücknahme einer bereits erteilten Baugenehmigung. In einigen Fällen, in denen eine Windkraftanlage errichtet wurde, mußte deshalb die Anlage total oder zumindest zeitweise stillgelegt werden.

Üblicherweise wird bei zeitweiser Stilllegung ein Betrieb der Windkraftanlage nur in einem festgelegten Zeitraum gestattet, unabhängig davon ob es überhaupt zu einem menschenverursachten Schattenwurf kommen kann. Zur Vermeidung von Störungen der Anwohner wird auch die Aufgabe bei der Errichtung von Windkraftanlagen gemacht, an den fraglichen Objekten, z. B. den zu schützenden Wohnhäusern, die dem Schattenwurf nicht ausgesetzt werden dürfen, Sensoren anzubringen, die den Schattenwurf durch die Windkraftanlage registrieren sollen und die Windkraftanlage abhängig von dem Signal der installierten Sensoren abzuschalten. Bei dieser Bauweise würde dies dazu führen, daß entsprechend viele Sensoren installiert werden, wobei bei Großwindkraftanlagen auch Objekte geschützt werden müssen, die einige hundert Meter von der Windkraftanlage entfernt sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, mit vertretbarem Aufwand einen Schutz auch entfernt liegender Objekte zu erreichen, indem die Windkraftanlage so ausgerüstet wird, daß eine Belastung durch den Stroboskopseffekten nicht eintreten kann.

Die Lösung ergibt sich aus Anspruch 1 sowie Anspruch 3. Die Lösung hat den Vorteil, daß die Windkraftanlage automatisch ohne Vernetzung mit in der Umgebung aufgestellte Sensoren betrieben und der Betrieb den jeweiligen klimatischen Gegebenheiten so angepaßt werden kann, daß keine Belastigung Dritter erfolgt. Zu diesem Zweck weist die Anlage bzw. das Verfahren folgende wesentlichen Merkmale auf:

1. Berechnung der Sonnenbahn über dem Horizont und des dadurch verursachten Schattenwurfs der Windkraftanlage.

2. Messung der Quantität des Schattenwurfs, um zu ermitteln, ob es überhaupt zur Bildung eines Schattens kommt, der eine zuvor festgelegte Störschwelle überschreitet (störender Schattenwurf).

— Ermittlung und Speicherung der geographischen Stellen, an denen ein störender Schattenwurf nicht auf-treten darf;

3. Als Ergebnis der Schritte 1-3: Anpassung des Betriebs der Windkraftanlage an

— Die störende Quantität und Qualität des Schattenwurfs

che 24 fällt. Dadurch ist bei gleicher Intensität des Lichteinfalls auf die beiden Sensorflächen 23 und 24, die durch Sensorfläche 24 erzeugte elektrische Signal  $U_b$  geringer als das elektrische Signal  $U_a$  der Sensorfläche 23.

In der elektronischen Schaltung 6 wird im Teil 6a zunächst das, von Sensorfläche 23 erzeugte, elektrische Signal  $U_a$  gemessen um die Helligkeit zu bestimmen. Erst wenn die gemessene Helligkeit und damit das elektrische Signal  $U_a$  einen bestimmten Referenzwert  $U_3$  überschreitet, kann ein Schattenwurf erfolgen. Als Indikator dafür dient das Ausgangssignal  $U_4$  des Schaltungsteils 6a. Im Teil 6b der Schaltung wird als Ausgangssignal  $U_5$  die Differenz der elektrischen Signale  $U_a$  und  $U_b$  der beiden Sensorflächen gebildet. Die Differenz ist ein Maß für die Qualität des Schattens.

Im Schaltungsteil 6c wird dieses Differenzsignal  $U_5$  mit einem Referenzwert  $U_6$  verglichen. Das Ergebnis ist das Signal  $U_7$ . Schließlich wird im Schaltungsteil 6d das Ausgangssignal  $U_8$  der Schaltung erzeugt, welches dann aktiv wird wenn erstens, bestimmt über das Signal  $U_4$ , die Helligkeit ausreicht und zweitens, bestimmt über das Signal  $U_7$ , die Qualität des Schattens einen bestimmten Wert überschritten hat.

Ein nachgeschalteter Computer 7 mit eingebauter Uhr 7a berechnet oder ermittelt anhand einer Tabelle den Sonnenstand und die Position des durch die WKA 9 verursachten Schattens S. Mit einer Tabelle, in der die Position eines Objektes 14 abgelegt ist, welches nicht vom Stroboskopschatten getroffen werden sollen, wird vom Computer 7 ein Signal  $U_9$  erzeugt das von der Steuerung der WKA ausgewertet werden kann.

Windkraftanlage 9 mit dem Mast 9a, der Generatorgondel 9b, dem Rotor 9c, bestehend aus den Rotorblättern 9d und der Nabe 9e und der dazugehörigen Steuerung 8 ist in Fig. 4 gezeigt. Über die Steuerung 8 kann erstens abhängig von der Windgeschwindigkeit der Anstellwinkel der Rotorblätter 9d verändert werden, zweites abhängig von der Windrichtung die Generatorgondel 9b gedreht werden und drittens der Rotor 9c der WKA 9 angehalten werden. Mit dem Ausgangssignal  $U_9$  des Computers 7 und der Schaltung 6 kann derart auf die Steuerung 8 der WKA eingewirkt werden, daß zur Verringerung der effektiven schattenwerfenden Fläche A des Rotors 9c die Generatorgondel 9b verdreht wird oder der Rotor 9c der WKA 9 angehalten wird.

#### Bezugszeichenliste

Fig. 1

9	Windkraftanlage (WKA)
9a	Mast
9b	Generatorgondel
9c	Rotor
9d	Rotorblätter
9e	Nabe
9f	Achse
14	Objekt, das nicht vom Stroboskopschatten getroffen werden soll
$\tau$	Stundenwinkel
$\beta$	Winkel zwischen Achse 9f und Stundenwinkel T
A	effektive angestrahlte Fläche
S	beschattete Fläche
i	Nabenhöhe
d	Rotordurchmesser
h	Winkel der Sonnenhöhe über dem Horizont
N	Nordrichtung

Fig. 2

- 21, 22 Trägerplatten
- 23, 24 lichtempfindliche Sensorflächen
- 25, 26 transparente Gehäuse
- 27, 28 Anschlußleitungen
- 29 lichtundurchlässige Markierung am Gehäuse der Sensorfläche 24

Fig. 3

- $U_a$  elektrisches Signal von Sensorfläche 1
- $U_b$  elektrisches Signal von Sensorfläche 2
- $U_3$  Referenzwert für die Mindesthelligkeit
- $U_4$  Ausgangssignal: Helligkeit größer Referenz
- $U_5$  Ausgangssignal:  $U_a - U_b$
- $U_6$  Referenzwert für die Minstdifferenz
- $U_7$  Ausgangssignal: Minstdifferenz über Referenz
- $U_8$  Ausgangssignal: Schattenbildung hat eine bestimmte Qualität
- $U_9$  Ausgangssignal: Schatten liegt im Bereich eines bestimmten Objekts
- 6 elektronische Schaltung
- 6a Vergleicher: Helligkeit über Referenz
- 6b Subtrahierer:  $U_a - U_b$
- 6c Vergleicher: Differenz über Referenz
- 6d Verknüpfung:  $U_4$  &  $U_7$
- 7 Computer
- 7a Uhr

Fig. 4

- 2a Sensorfläche
- 2b beschattete Sensorfläche
- 6 elektronische Schaltung
- 7 Computer
- 8 Steuerung der Windkraftanlage
- 9 Windkraftanlage
- 9a Mast
- 9b Generatorgondel
- 9c Rotor
- 9d Rotorblätter
- 9e Nabe
- 9f Achse
- 10 Bremse zum Anhalten des Rotors
- 11 Motor zur Verstellung der Anstellwinkel der Rotorblätter
- 12 Motor zur Verdrehung der Generatorgondel.

#### Patentsprüche

1. Windkraftanlage (9) mit einer Generatorgondel, die um eine vertikale Achse drehbar ist, mit einem Generator, der durch einen um eine im wesentlichen horizontale Achse drehbaren Rotor (9c) mit Rotorblättern antreibbar ist, sowie mit einer Steuerung, durch die der Rotor angehalten werden kann und durch welche die Drehstellung der Generatorgondel der Windrichtung anpaßbar ist; Kennzeichen:
  - 1.1 Einrichtung zur Bestimmung der Sonnenbahn über dem Horizont und des dadurch verursachten Schattenwurfs der Windkraftanlage,
  - 1.2 Meßeinrichtung zur Messung der Quantität und Qualität des Schattenwurfs (störender Schattenwurf);
  - 1.3 Einrichtung zur Ermittlung und Speicherung der geographischen Stellen, an denen ein störender Schattenwurf nicht auftreten darf;
  - 1.4 Steuereinrichtung zur Anpassung des Be-

triebs der Windkraftanlage an die störende Quantität und Qualität des Schattenwurfs sowie die Position des Schattens bzw. der Sonne und die zu drehen der Generatorgondel und/oder Verschieben des Anstellwinkels der Rotorblätter des Rotors und/oder notfalls durch Anhalten der Windkraftanlage.

2. Windkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung zwei Sensorebenen (23, 24) besitzt von denen eine (23) zur Ermittlung der Intensität der direkten Sonnenstrahlung dient, während vor der zweiten (24) Sensorfläche in einem bestimmten Abstand ein Objekt (29) derart positioniert ist, daß das Objekt einen Schatten der direkten Sonnenstrahlung auf die Sensorfläche (24) wirft, und daß die Meßeinrichtung weiterhin eine Vergleichseinrichtung für die Ausgangssignale der Sensoren umfaßt, so daß durch Vergleich der Ausgangssignale der beiden Sensoren die Quantität und Qualität des Schattenwurfs bestimmbar ist.

3. Verfahren zum Betrieb einer Windkraftanlage im Bereich von einem Objekt, bei dem ein störender Schattenwurf des sich drehenden Rotors zu vermeiden ist, dadurch gekennzeichnet, daß durch Berechnung oder Messung die Sonnenposition ermittelt und aus den technischen Daten der WKA (9), insbesondere Höhe (h) und Rotordurchmesser (d), der geographische Bereich (S) berechnet wird, in dem der Schatten des Rotors (9c) der WKA projiziert wird und daß die WKA (9) in einen anderen Betriebszustand versetzt wird, z. B. Anhalten, Änderung der Rotorblattstellung und/oder Änderung der Ausrichtung zur Sonne, wenn der vom sich drehenden Rotor (9c) projizierte Schatten das Objekt (14) trifft.

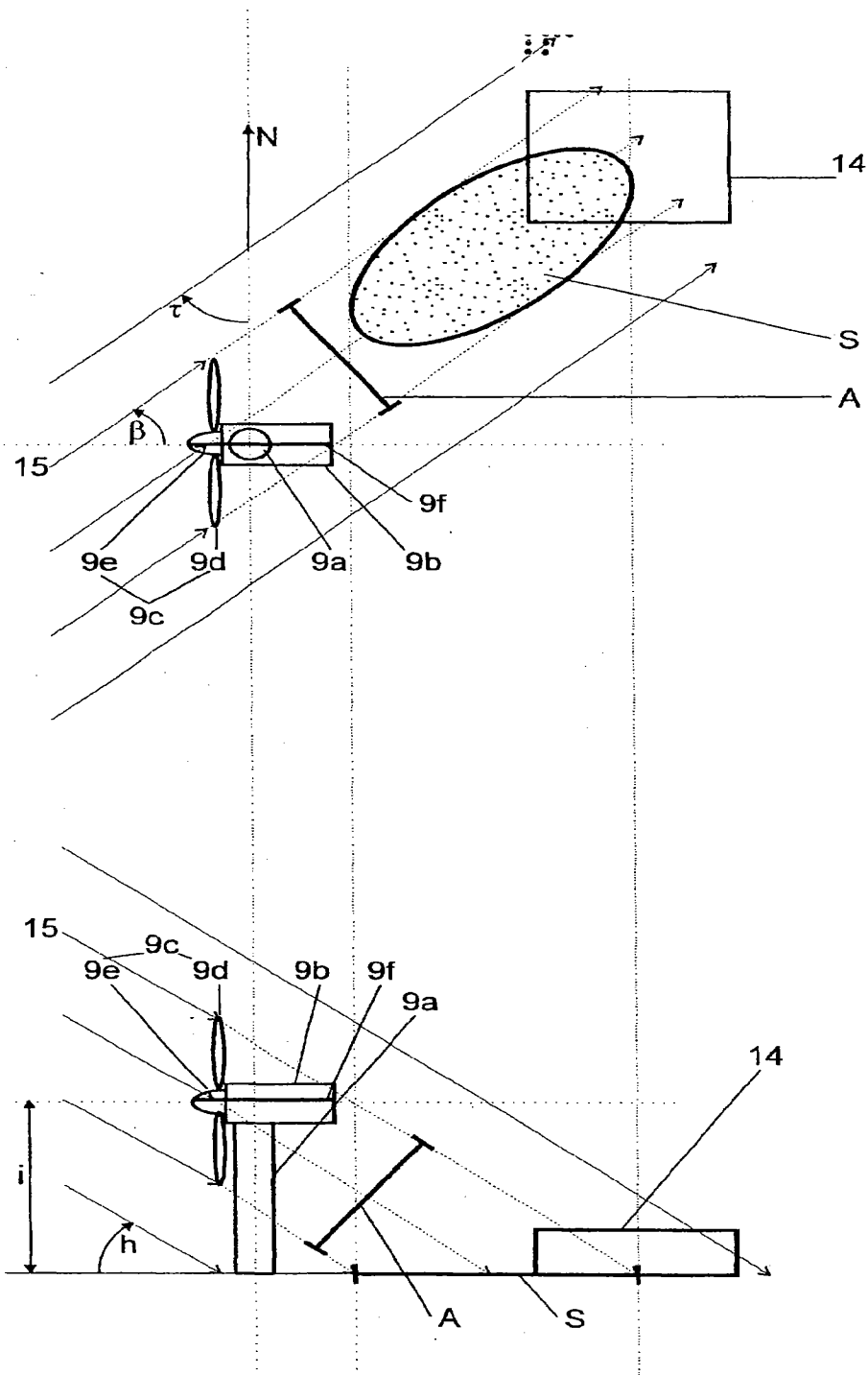
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die geographische Lage des Schattenwurfs (S) in einer Tabelle angelegt ist, die in einem Computer (7) gespeichert ist.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Tabelle die Betriebszustände, welche sich aus der geographischen Lage des Schattenwurfs (S) ergeben, zeitabhängig angelegt sind, und daß die WKA (9) zeitabhängig in den jeweils vorgegebenen Betriebszustand versetzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung des Betriebszustands nur erfolgt, wenn die Messung der Quantität und Qualität des Schattenwurfs einen störenden Schattenwurf ergibt, insbesondere wenn ein vorgegebener Grenzwert des Schattenwurfs erreicht und überschritten wird.

8. Verfahren nach Anspruch 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantität und Qualität des Schattenwurfs augenblicklichen sowie über einen bestimmten Zeitraum erfaßt wird und daß eine Änderung des Betriebszustandes der WKA (9) dann erfolgt wenn der Verlauf des Schattenwurfs das Erreichen und Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes erwarten läßt.

Fig. 1



902 051/785

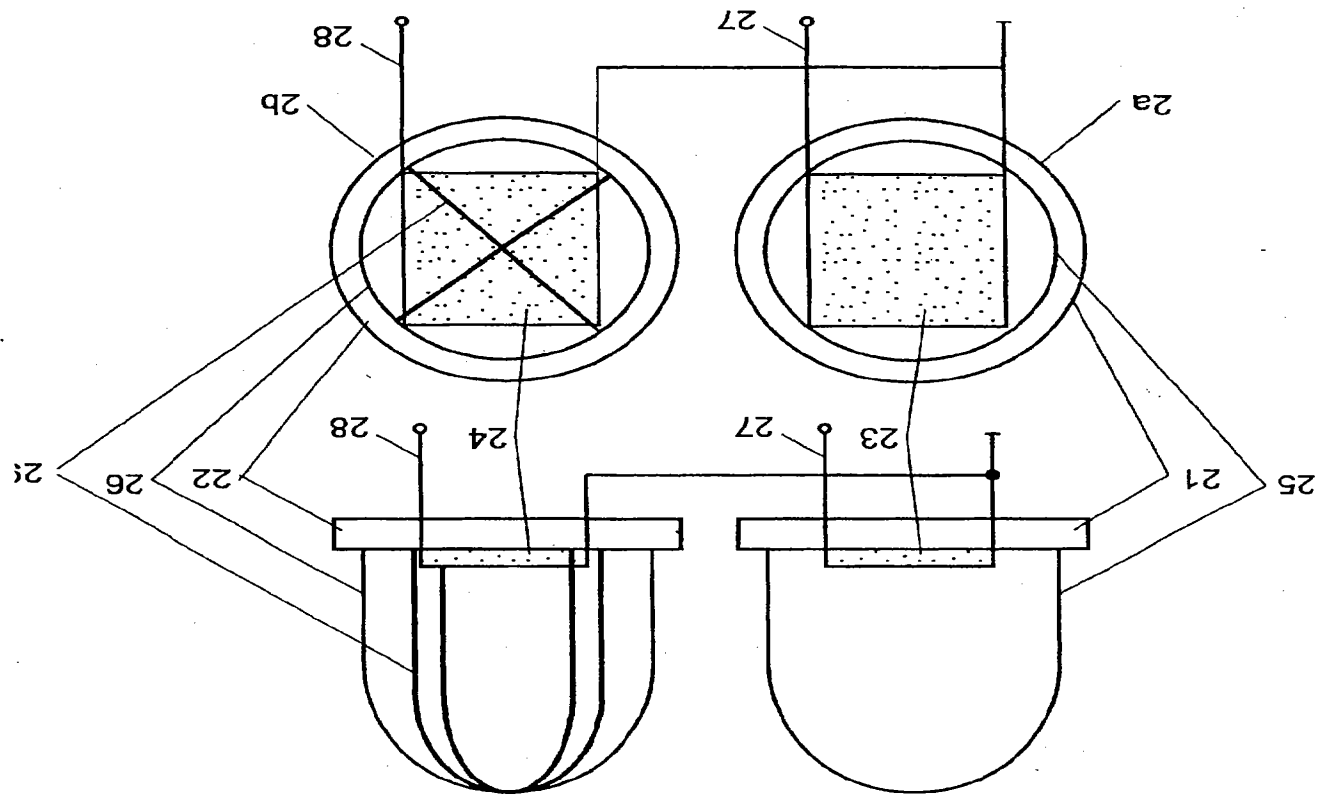
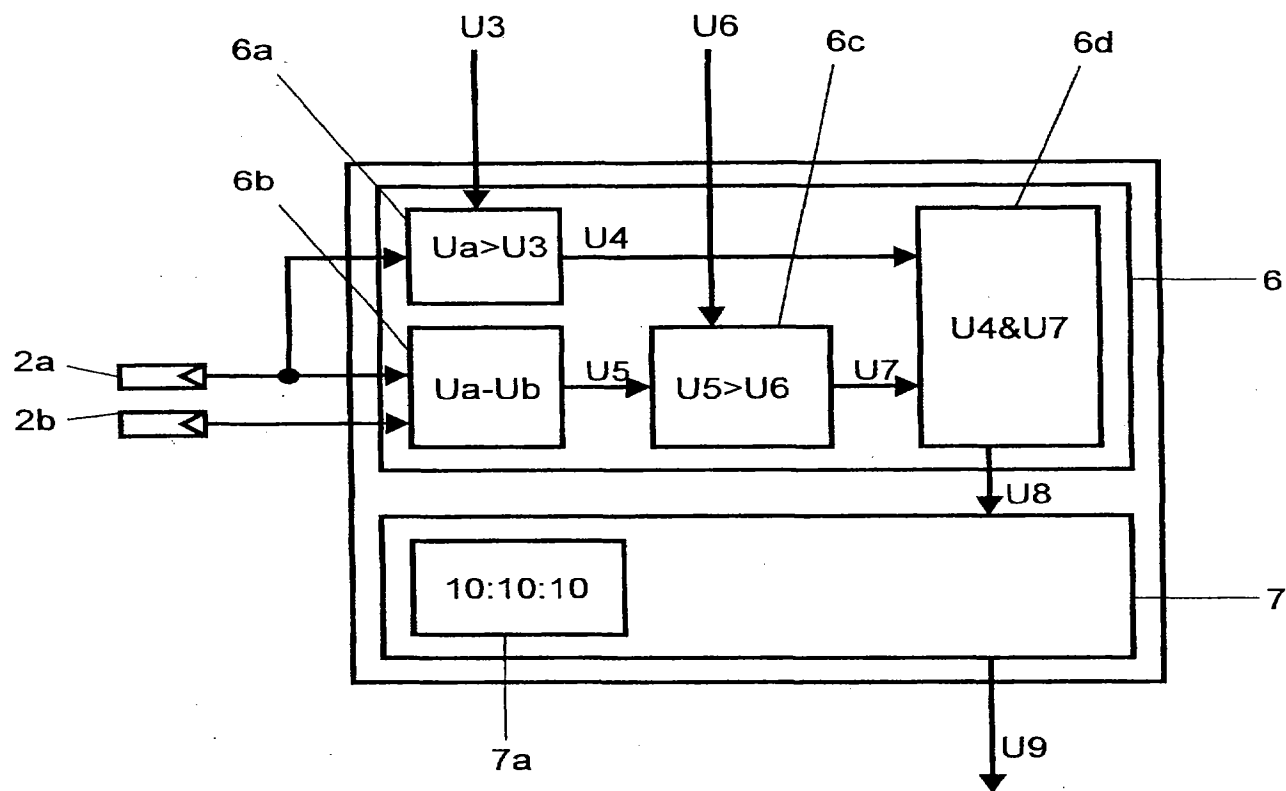


Fig. 2

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer: Int. Cl.<sup>6</sup>:  
Offenlegungstag: 23. Dezember 1999  
DE 199 28 048 A1  
F 03 D 11/00  
23. Dezember 1999

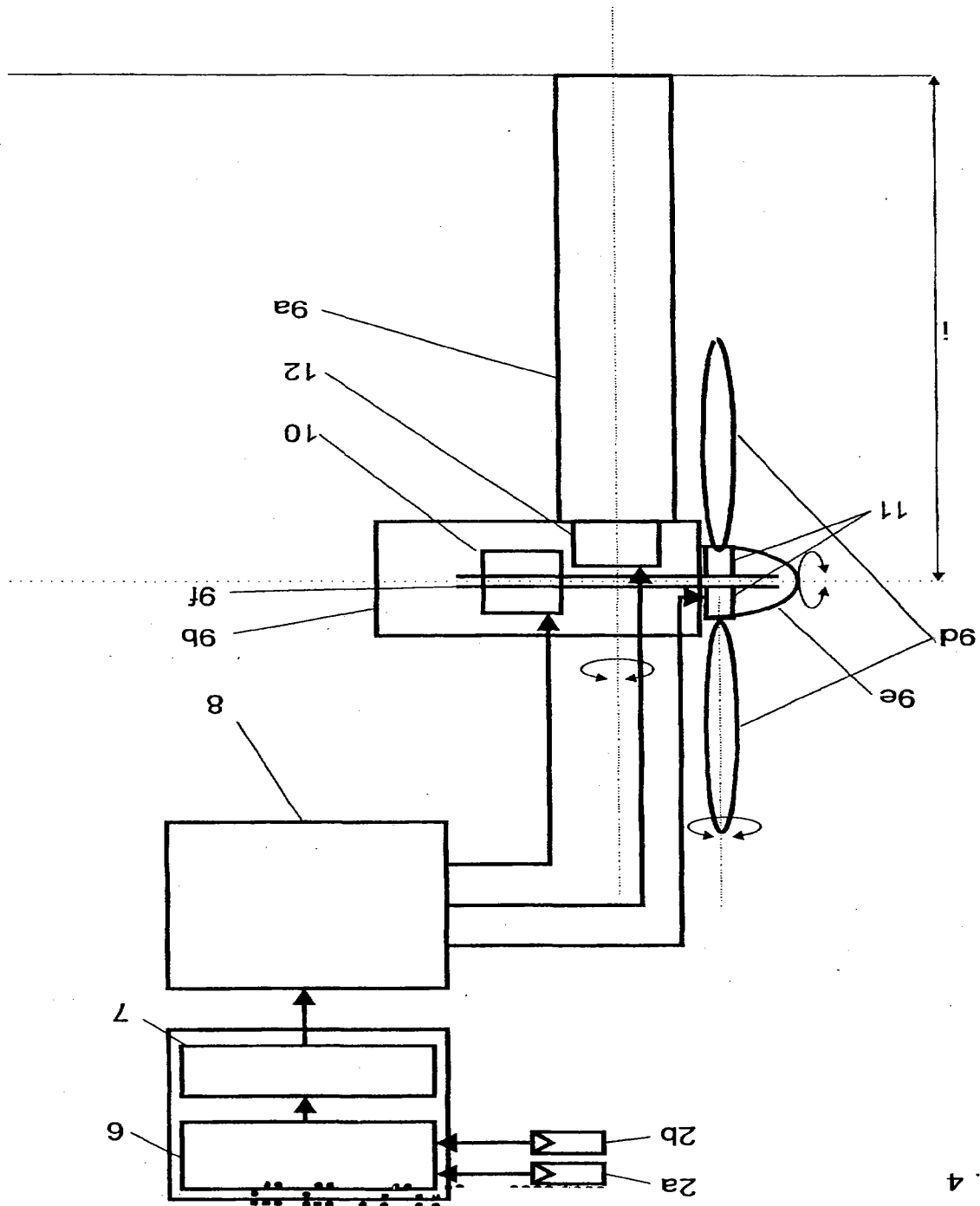
Fig. 3



902 051/785



Fig. 4



Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

DE 199 28 048 A1  
F 03 D 11/00  
23. Dezember 1999